



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 1 月 7 日
Date of Application:

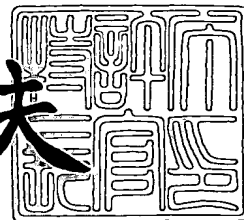
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 0 1 4 0 6
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 0 0 1 4 0 6]

出 願 人 株式会社村田製作所
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 0 月 8 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫





【書類名】 特許願

【整理番号】 DP030002

【提出日】 平成15年 1月 7日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H03H 9/64

【発明者】

 【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目 2 6 番 1 0 号 株式会社村田製作所内

 【氏名】 神藤 始

【発明者】

 【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目 2 6 番 1 0 号 株式会社村田製作所内

 【氏名】 門田 道雄

【特許出願人】

 【識別番号】 000006231

 【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目 2 6 番 1 0 号

 【氏名又は名称】 株式会社村田製作所

【代理人】

 【識別番号】 100086597

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 宮▼崎▲ 主税

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 004776

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 9004892



【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 表面波装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 縦波成分主体の表面波を利用した表面波装置であって、LiTaO₃基板と、

前記LiTaO₃基板上に形成された導体膜とを備え、

前記導体膜の密度が、 $2699\text{ kg/m}^3 < \rho < 19300\text{ kg/m}^3$ の範囲にあることを特徴とする、表面波装置。

【請求項 2】 前記縦波成分主体の表面波の波長を λ 、導体膜の厚みをHとしたとき、導体膜の規格化膜厚 H/λ が、 $5.3023 \times \rho^{-0.4172} < H/\lambda < 80161 \times \rho^{-1.781}$ の範囲にある、請求項 1 に記載の表面波装置。

【請求項 3】 前記LiTaO₃基板のオイラー角が、図 8 ～ 図 11 に示した領域 B1 ～ B4 の範囲にあることを特徴とする、請求項 1 に記載の表面波装置。

【請求項 4】 前記導体膜が、Cu もしくは Ag またはこれらを主成分とする金属からなる、請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の表面波装置。

【請求項 5】 縦波成分主体の表面波を利用した表面波装置であって、
下記の表 1, 2 に示されている座標を結んだ線で囲まれた領域 A1 ～ A10 に含まれるオイラー角のLiTaO₃基板と、

前記LiTaO₃基板上に形成された導体膜とを備え、

前記導体膜の密度 ρ が 2699 kg/m^3 よりも大きく、かつ導体膜の厚みをH、縦波成分主体の表面波の波長を λ としたときに、導体膜の規格化膜厚 H/λ が、 $5.3023 \times \rho^{-0.4172} < H/\lambda < 80161 \times \rho^{-1.781}$ の範囲にある、表面波装置。

【表 1】

| 領域 | 座標 | θ | ψ |
|----|----|----------|--------|
| A1 | P1 | 16.2 | 63.7 |
| | P2 | 69.9 | 63.7 |
| | P3 | 69.9 | 116.3 |
| | P4 | 16.2 | 116.3 |
| | P5 | 16.2 | 63.7 |
| A2 | P1 | 106.2 | 118.7 |
| | P2 | 143.6 | 118.7 |
| | P3 | 143.6 | 151.4 |
| | P4 | 106.2 | 151.4 |
| | P5 | 106.2 | 118.7 |
| A3 | P1 | 106.2 | 28.6 |
| | P2 | 143.6 | 28.6 |
| | P3 | 143.6 | 61.3 |
| | P4 | 106.2 | 61.3 |
| | P5 | 106.2 | 28.6 |
| A4 | P1 | 16.5 | 55.9 |
| | P2 | 72.3 | 55.9 |
| | P3 | 72.3 | 108.0 |
| | P4 | 16.5 | 108.0 |
| | P5 | 16.5 | 55.9 |
| A5 | P1 | 106.2 | 131.3 |
| | P2 | 124.0 | 131.3 |
| | P3 | 124.0 | 148.0 |
| | P4 | 106.2 | 148.0 |
| | P5 | 106.2 | 131.3 |

【表 2】

| 領域 | 座標 | θ | ψ |
|-----|----|----------|--------|
| A6 | P1 | 106.3 | 30.8 |
| | P2 | 153.1 | 30.8 |
| | P3 | 153.1 | 71.7 |
| | P4 | 106.3 | 71.7 |
| | P5 | 106.3 | 30.8 |
| A7 | P1 | 17.4 | 48.5 |
| | P2 | 76.8 | 48.5 |
| | P3 | 76.8 | 99.4 |
| | P4 | 17.4 | 99.4 |
| | P5 | 17.4 | 48.5 |
| A8 | P1 | 104.6 | 35.6 |
| | P2 | 158.0 | 35.6 |
| | P3 | 158.0 | 81.3 |
| | P4 | 104.6 | 81.3 |
| | P5 | 104.6 | 35.6 |
| A9 | P1 | 19.1 | 41.7 |
| | P2 | 78.3 | 41.7 |
| | P3 | 78.3 | 90.4 |
| | P4 | 19.1 | 90.4 |
| | P5 | 19.1 | 41.7 |
| A10 | P1 | 101.7 | 41.7 |
| | P2 | 161.0 | 41.7 |
| | P3 | 161.0 | 90.4 |
| | P4 | 101.7 | 90.4 |
| | P5 | 101.7 | 41.7 |

【請求項 6】 前記導体膜が、Cu、AgもしくはAuまたはこれら主成分とする金属からなる請求項 5 に記載の表面波装置。

【請求項 7】 前記導体膜により、IDT 及び／またはグレーティング反射器が構成されている、請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載の表面波装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、LiTaO₃基板を用いた表面波装置に関し、より詳細には、LiTaO₃基板を伝搬するバルク波の内の「速い横波」及び「遅い横波」よりも位

相速度が遅い縦波成分主体の表面波を利用した表面波装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、表面波装置は、高性能であり、軽量かつ小型であるため、携帯用移動体通信機器向け帯域フィルタなどに広く用いられている。表面波装置の動作周波数 F は、表面波の位相速度 V と、インターデジタルトランスデューサ（IDT）のフィンガ周期 L により、 $F = V / L$ で決定される。

【0003】

従って、同じ周波数で動作する表面波装置であっても、位相速度 V が高いと、フィンガ周期 L が大きくなる。周期 L が大きくなると、IDTの電極指の幅を大きくすることができる。従って、表面波装置を、安価にかつ歩留まりよく製造することが可能となる。しかしながら、周期 L が大きすぎると、チップサイズが大きくなり、ウェハーから得られる表面波装置の数が少なくなり、製造コストが高つくことになる。

【0004】

逆に、位相速度 V が低いと、周期 L は小さくなる。従って、表面波装置の寸法を小型とすることができる。しかしながら、周期 L が小さすぎると、IDTの電極指の幅が細くなりすぎる。そのため、IDTの形成に際して、コストが高つく微細工法を用いなければならない。

【0005】

よって、表面波装置における表面波の位相速度は、用途に応じて適切な大きさとすることが必要である。また、近年の通信機器の高周波化に伴って、動作周波数の高周波化が強く求められており、表面波装置においては、位相速度の早い表面波が必要とされる。

【0006】

表面波装置の一種である共振器型表面波フィルタの帯域幅は、電気機械結合係数 k_s^2 に依存する。電気機械結合係数が大きい程、広帯域のフィルタを得ることができる。電気機械結合係数が小さい程、狭帯域のフィルタとなる。従って、電気機械結合係数 k_s^2 は、用途に応じて適切な値とすることが重要である。携帯電

話などに用いられている RF 用の表面波フィルタでは、4～10%程度の電気機械結合係数 k_s^2 が求められている。

【0007】

表面波の伝搬に伴う損失、すなわち、伝搬損失は、表面波フィルタの挿入損失を劣化させたり、表面波共振子の共振抵抗や共振周波数のインピーダンス／反共振周波数におけるインピーダンスの比を劣化させたりする。従って、伝搬損失は小さい程望ましい。

【0008】

表面波装置に利用される表面波としては、レイリー波や漏洩表面波が知られている。漏洩表面波は、レイリー波よりも位相速度が早いことが多い。高周波帯で動作する表面波装置では、タンタル酸リチウム (LiTaO_3) の $36^\circ \sim 42^\circ$ Y-X 基板や、ニオブ酸リチウム (LiNbO_3) の 41° Y-X 基板もしくは 64° Y-X 基板を伝搬する、表面波伝搬方向に水平な横波成分 (u_2 成分) が主体である漏洩表面波が利用されることがある。これらの漏洩表面波は、これらの基板上にアルミなどからなる IDT が形成されている表面波装置において、 $4000 \sim 4500 \text{ m/秒}$ で伝搬する。

【0009】

近年、位相速度が $5000 \sim 7000 \text{ m/秒}$ と、従来の漏洩表面波よりも高い、縦波成分 (u_1 成分) が主体である第 2 漏洩表面波が注目されている。

下記の非特許文献 1 には、四ほう酸リチウム基板を伝搬する位相速度 6656 m/秒 の縦波成分主体の漏洩表面波が開示されている。また、下記の非特許文献 2 には、 LiTaO_3 基板及び LiNbO_3 基板を伝搬する、縦波成分主体の第 2 の漏洩表面波が開示されている。非特許文献 2 によれば、 LiTaO_3 基板の場合、オイラー角 (90° , 90° , 31°) で電気機械結合係数 k_s^2 が 2.41% と最大となり、電氣的開放面 (自由表面) と電氣的短絡面 (短絡表面) の伝搬損失は、それぞれ、約 $0.06 \text{ dB}/\lambda$ 、約 $0.5 \text{ dB}/\lambda$ となり、自由表面に比べ、短絡表面における伝搬損失が大きいとされている。なお、 λ は、第 2 漏洩表面波の波長を示す。また、オイラー角 (90° , 90° , 31°) における自由表面と周波数温度特性 TCD は、それぞれ、約 35 ppm 及び約 48 ppm で

あることが開示されている。

【0010】

また、下記の特許文献1には、縦波成分が横波成分よりも優勢である縦波型表面波を利用した表面波装置が開示されている。ここでは、特定のオイラー角の LiTaO_3 基板や LiNbO_3 基板上に、縦波型表面波の波数 K と薄膜の厚み H との積が所定の数値範囲となるように薄膜が形成されている表面波装置が開示されている。例えば、 LiTaO_3 基板上に、 Au からなる導体膜を形成した場合には、 $KH = 0.6$ ($H/\lambda = 9.6\%$) 以上で、「速い横波」及び「遅い横波」よりも位相速度が遅い縦波型表面波が効果的に利用され、伝搬損失をほぼ0とすることができるとされている。

【0011】

なお、「遅い横波」及び「速い横波」は、圧電基板を伝搬するバルク波であり、圧電基板中を伝搬するバルク波としては、「遅い横波」、「速い横波」及び「縦波」の3種類のバルク波が存在する。上記先行技術に記載の表面波装置では、この「速い横波」及び「遅い横波」よりも位相速度が遅い縦波型表面波では、上記のように伝搬損失が0となることが示されている。

【0012】

【特許文献1】

特開平8-288788号公報

【非特許文献1】

「四ほう酸リチウム基板における縦波型リーキー波」(1994年信学春季全大, A443, 1994)

【非特許文献2】

「Characteristics of Leaky Surface Acoustic Waves Propagating on LiNbO_3 and LiTaO_3 Substrates」 S. Tonami, A. Nishikata, Y. Shimizu, Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 34 (1995) pp. 2664-2667

【0013】

【発明が解決しようとする課題】

前述したように、携帯電話などに用いられるRF用表面波フィルタでは、電気

機械結合係数 k_s^2 が 4 ~ 10 % 程度であることが必要とされている。しかしながら、LiTaO₃ 基板上に Al からなる導体膜を形成してなる表面波装置では、電気機械結合係数 k_s^2 は 2.13 % 程度にすぎなかった。

【0014】

また、アルミからなる導体膜を用いた場合には、導体膜の膜厚を厚くする必要があり、そのため部止まりが悪いという問題もあった。

【0015】

他方、特許文献 1 に開示されている縦波型擬似表面波の位相速度を、Au からなる導体膜を厚く形成することにより、「速い横波」及び「遅い横波」よりも遅くし、短絡表面における伝搬損失を 0 とした場合には、位相速度はレイリー波と同等の 3300 m/秒程度となる。従って、縦波型表面波の速い位相速度という利点が失われ、高周波化に対応することができない。

【0016】

上記のように、従来の縦波を主成分とした表面波を利用した表面波装置では、電気機械結合係数が十分な大きさとならなかったり、伝搬損失が大きかったり、高い位相速度を利用することができなかつたりするという問題があった。

【0017】

本発明の目的は、上述した従来技術の欠点を解消し、縦波を主成分とした表面波を利用しており、電気機械結合係数が大きく、伝搬損失が小さく、かつ高位相速度を実現し得る表面波装置を提供することにある。

【0018】

【課題を解決するための手段】

本願の第 1 の発明の広い局面によれば、縦波成分主体の表面波を利用した表面波装置であつて、LiTaO₃ 基板と、前記 LiTaO₃ 基板上に形成された導体膜とを備え、前記導体膜の密度が、 $2699 \text{ kg/m}^3 < \rho < 19300 \text{ kg/m}^3$ の範囲にあることを特徴とする、表面波装置が提供される。

【0019】

第 1 の発明のある特定の局面では、前記縦波成分主体の表面波の波長を λ 、導体膜の厚みを H としたとき、導体膜の規格化膜厚 H/λ が、 $5.3023 \times \rho^{-0}$

$.4172 < H/\lambda < 80161 \times \rho^{-1.781}$ の範囲にある。この場合には、電気機械結合係数 k_s^2 をより一層大きくすることができる。

【0020】

第1の発明のさらに他の特定の局面では、前記 LiTaO_3 基板のオイラー角が、図8～図11に示した領域B1～B4の範囲にある。この場合には、電気機械結合係数 k_s^2 をさらに大きくすることが可能となる。

【0021】

第1の発明のさらに他の特定の局面では、上記導体膜は、CuもしくはAgまたはこれらを主成分とする金属により構成され、従って、低い導体膜を形成することができる。

【0022】

本願の第2の発明の広い局面によれば、縦波成分の主体の表面波を利用した表面波装置であって、下記の表3、4に示されている座標を結んだ線で囲まれた領域A1～A10に含まれるオイラー角の LiTaO_3 基板と、前記 LiTaO_3 基板上に形成された導体膜とを備え、前記導体膜の密度 ρ が 2699 kg/m^3 よりも大きく、かつ導体膜の厚みを H 、縦波成分主体の表面波の波長を λ としたときに、導体膜の規格化膜厚 H/λ が、 $5.3023 \times \rho^{-0.4172} < H/\lambda < 80161 \times \rho^{-1.781}$ の範囲にある、表面波装置が提供される。

【0023】

【表 3】

| 領域 | 座標 | θ | ψ |
|----|----|----------|--------|
| A1 | P1 | 16.2 | 63.7 |
| | P2 | 69.9 | 63.7 |
| | P3 | 69.9 | 116.3 |
| | P4 | 16.2 | 116.3 |
| | P5 | 16.2 | 63.7 |
| A2 | P1 | 106.2 | 118.7 |
| | P2 | 143.6 | 118.7 |
| | P3 | 143.6 | 151.4 |
| | P4 | 106.2 | 151.4 |
| | P5 | 106.2 | 118.7 |
| A3 | P1 | 106.2 | 28.6 |
| | P2 | 143.6 | 28.6 |
| | P3 | 143.6 | 61.3 |
| | P4 | 106.2 | 61.3 |
| | P5 | 106.2 | 28.6 |
| A4 | P1 | 16.5 | 55.9 |
| | P2 | 72.3 | 55.9 |
| | P3 | 72.3 | 108.0 |
| | P4 | 16.5 | 108.0 |
| | P5 | 16.5 | 55.9 |
| A5 | P1 | 106.2 | 131.3 |
| | P2 | 124.0 | 131.3 |
| | P3 | 124.0 | 148.0 |
| | P4 | 106.2 | 148.0 |
| | P5 | 106.2 | 131.3 |

【0 0 2 4】

【表 4】

| 領域 | 座標 | θ | ψ |
|-----|----|----------|--------|
| A6 | P1 | 106.3 | 30.8 |
| | P2 | 153.1 | 30.8 |
| | P3 | 153.1 | 71.7 |
| | P4 | 106.3 | 71.7 |
| | P5 | 106.3 | 30.8 |
| A7 | P1 | 17.4 | 48.5 |
| | P2 | 76.8 | 48.5 |
| | P3 | 76.8 | 99.4 |
| | P4 | 17.4 | 99.4 |
| | P5 | 17.4 | 48.5 |
| A8 | P1 | 104.6 | 35.6 |
| | P2 | 158.0 | 35.6 |
| | P3 | 158.0 | 81.3 |
| | P4 | 104.6 | 81.3 |
| | P5 | 104.6 | 35.6 |
| A9 | P1 | 19.1 | 41.7 |
| | P2 | 78.3 | 41.7 |
| | P3 | 78.3 | 90.4 |
| | P4 | 19.1 | 90.4 |
| | P5 | 19.1 | 41.7 |
| A10 | P1 | 101.7 | 41.7 |
| | P2 | 161.0 | 41.7 |
| | P3 | 161.0 | 90.4 |
| | P4 | 101.7 | 90.4 |
| | P5 | 101.7 | 41.7 |

【0 0 2 5】

第2の発明のある特定の局面では、前記導体膜が、Cu、AgもしくはAuまたはこれら主成分とする金属からなり、低い導体膜を形成することができる。

【0 0 2 6】

第1、第2の発明では、上記導体膜により各種電極が形成されるが、例えばIDT及び／またはグレーティング反射器が上記導体膜により構成される。

【0 0 2 7】

【発明の実施の形態】

(用語の定義)

なお、本願明細書では、下記の用語については、以下の意味を有するものとする。

【0028】

縦波を主成分とする表面波…本明細書において、「縦波を主成分とする表面波」とは、上記特許文献1に記載の縦波成分が横波成分よりも優勢である縦波型疑似弾性表面波、縦波型表面すべり波などを含み、位相速度が「遅い横波」及び「速い横波」よりも遅い縦波を主成分とする表面波を広く含むものとする。

【0029】

オイラー角…本明細書では、基板の切断面と表面波の伝搬方向を表現するオイラー角 (ϕ , θ , ψ) は、「弾性波素子技術ハンドブック」(日本学術振興会弾性波素子技術第150委員会、第1版第1刷、平成3年11月30日発行、549頁) 記載の右手系オイラー角を用いた。

【0030】

結晶軸…オイラー角の初期値として与えられる LiTaO_3 の結晶軸 X, Y, Z は、Z 軸を c 軸と平行とし、X 軸を等価な 3 方向の a 軸のうちの任意の 1 つと平行とし、Y 軸は X 軸及び Z 軸を含む面の法線方向とした。

【0031】

変位成分…本明細書においては、 u_1 , u_2 , u_3 と表記した。 u_1 は、X 軸方向の変位であり、 u_2 は Y 軸方向の変位であり、 u_3 は Z 軸方向の変位である。上記第2漏洩表面波は、 u_1 成分が主体の場合の縦波型漏洩表面波と呼ばれている。

【0032】

等価なオイラー角…本明細書においては、等価なオイラー角なる表現が用いられているが、これは、 LiTaO_3 基板のオイラー角 (ϕ , θ , ψ) が概して結晶学的に等価なオイラー角をいうものとする。例えば、日本音響学会誌 36 巻 3 号、1980 年、140～145 頁) によれば、 LiNbO_3 は、三方晶系 3m 点群に属する結晶であるため、以下の式 (A) が成り立つ。

【0033】

$$F(\phi, \theta, \psi) = F(60^\circ - \phi, -\theta, \psi)$$

$$\begin{aligned}
 &= F(60^\circ + \phi, -\theta, 180^\circ - \psi) \\
 &= F(\phi, 180^\circ + \theta, 180^\circ - \psi) \\
 &= F(\phi, \theta, 180^\circ + \psi) \quad \dots (A)
 \end{aligned}$$

なお、Fは、電気機械結合係数、伝搬損失、周波数温度特性係数TCF、パワーフロ角PFA及びナチュラルー方向性などの、オイラー角依存性を有する任意の表面波特性を示す。なお、PFAやナチュラルー方向性は、伝搬方向を正負反転した場合、符号は変わるものの絶対量は等しくなる。従って、例えば、オイラー角 $(30^\circ, \theta, \psi)$ の表面波伝搬特性は、オイラー角 $(90^\circ, 180^\circ - \theta, 180^\circ - \psi)$ の表面波伝搬特性と等価であることになる。また、例えば、オイラー角 $(30^\circ, 90^\circ, 45^\circ)$ の表面波伝搬特性は、下記の表5に示すオイラー角の表面波伝搬特性と等価である。

【0034】

【表5】

| $\phi [^\circ]$ | $\theta [^\circ]$ | $\psi [^\circ]$ |
|-----------------|-------------------|-----------------|
| 30 | 90 | 225 |
| 30 | 270 | 135 |
| 30 | 270 | 315 |
| 90 | 90 | 135 |
| 90 | 90 | 315 |
| 90 | 270 | 45 |
| 90 | 270 | 225 |
| 150 | 90 | 45 |
| 150 | 90 | 225 |
| 150 | 270 | 135 |
| 150 | 270 | 315 |
| 210 | 90 | 135 |
| 210 | 90 | 315 |
| 210 | 270 | 45 |
| 210 | 270 | 225 |
| 270 | 90 | 45 |
| 270 | 90 | 225 |
| 270 | 270 | 135 |
| 270 | 270 | 315 |
| 330 | 90 | 135 |
| 330 | 90 | 315 |
| 330 | 270 | 45 |
| 330 | 270 | 225 |

【0035】

以下、本発明の具体的な実施例を説明することにより、本発明を明らかにする。

本願発明者らは、文献「A method for estimating optimal cuts and propagation directions for excitation and propagation directions for excitation of piezoelectric surface waves」(J.J.Campbell and W.R.Jones, IEEE Trans .Sonics and Ultrason., Vol.SU-15(1968)pp.209-217)、文献「疑似弾性表面波解析における放射条件の取り扱いについて」(橋本、遠藤、山口、信学技報,US9 5-46, 1995-09, pp.25-30)などで報告されている一般的な表面波の伝搬特性を解析する手法を用いて、短絡表面及び開放表面に縦波を主成分とする表面波の伝搬特性をまとめた。

【0036】

なお、開放表面の伝搬特性は、導体膜の導電率を0、比誘電率を1として求めた。

図1は、オイラー角(90° , 90° , 31°)のLiTaO₃基板上に、種々の材料からなる導体膜を厚さ H/λ で形成した構造を伝搬するu1成分主体の表面波の電気機械結合係数 k_s^2 の変化を示す。なお、Hは、導体膜の厚みを、 λ はu1成分主体の表面波の波長を示す。導体膜を構成する材料としては、図1に示すように、Al、Au、Ag及びCuを用いた。

【0037】

また、これらの構造における短絡表面の位相速度 V_m 及び開放表面の位相速度 V_f を図2に示す。

なお、本明細書における「主体となる変位成分」は、基板表面から深さ 3λ の範囲において最大変位を有する変位成分とした。

【0038】

図1から明らかなように、いずれの金属を用いた場合においても、電気機械結合係数 k_s^2 は、導体膜が特定の膜厚の場合に最大となることがわかる。下記の表6は、導体膜の密度と、電気機械結合係数 k_s^2 が最大となる場合の導体膜の規格化膜厚 H/λ 及び電気機械結合係数 k_s^2 の最大値とを示す。導体膜の密度が高くなるに連れて、電気機械結合係数 k_s^2 が最大となる規格化膜厚 H/λ は薄くなり

かつ電気機械結合係数 k_s^2 の最大値も増加することがわかる。

【0039】

Al からなる導体膜を用いた場合に大きな電気機械結合係数 k_s^2 を得るには、膜厚 H/λ を 0.1 程度と厚くする必要があることがわかる。従って、LiTaO₃ 基板上に IDT やグレーティング反射器などの電極を形成する場合、電極指の線幅に対する膜厚の差が小さくなり、電極のアスペクト比が大きくなることになる。そのため、ドライエッチング工程により電極を形成する場合には、エッチング不良が生じ易くなる。また、リフトオフ工程で電極を形成する場合には、レジストの形成が困難となる。従って、導体膜の規格化膜厚 H/λ は、0.1 以下と薄い方が望ましい。

【0040】

また、電気機械結合係数 k_s^2 がもっとも大きい、Au の場合には、性能を高める上では、望ましい材料である。しかしながら、Au は高価な材料である。工業的には、Au と同等の電気機械結合係数 k_s^2 が得られる安価な Cu や Ag が望ましい。

【0041】

【表 6】

| 導体膜 | 密度 ρ [kg/m ³] | k_s^2 最大となる H/λ | k_s^2 最大値 [%] |
|-----|-----------------------------------|------------------------------|--------------------|
| Al | 2699 | 0.102 | 3.8 |
| Cu | 8930 | 0.034 | 5.0 |
| Ag | 10500 | 0.026 | 5.4 |
| Au | 19300 | 0.014 | 5.7 |

【0042】

また、図 2 から明らかなように、導体膜の密度が高くなる程、規格化膜厚 H/λ に対する音速の変化量が増加する傾向があることがわかる。膜厚 H/λ に対する音速の変化が大きいと、表面波装置を製造するときの膜厚ばらつきによる周波数ばらつきが増加する。周波数ばらつきが大きくなると、ドライエッチングやイオンミリングなどにより、ウエハーや導体膜をエッチングする周波数調整を行わなければならない。しかしながら、周波数調整は高コストの工程であるため、製

造時に周波数調整を省略することが望ましい。本願発明者等の検討によれば、Auからなる導体膜を用いた場合には、製造時に周波数調整が必須であることがわっている。

【0043】

従って、導体膜として、Alよりも高密度の材料を用いることにより、電気機械結合係数 k_s^2 を高めることができる。また、高性能のみが要求される用途では、Auが導体膜として望ましいが、性能とコストの両立が要求される用途では、Auよりも密度の低い材料が望ましい。従って、導体膜としては、密度が、 2699 kg/m^3 よりも大きく、従って、電気機械結合係数 k_s^2 を高め、十分な性能を得ることができ、かつ 19300 kg/m^3 よりも小さく、従って、周波数調整を不要とし、表面波装置のコストを低減するものが望ましい。

【0044】

図3は、基板表面に導体膜としてAl、Au、Ag及びCuを、それぞれ、厚み H/λ で形成してなるオイラー角(90° , 31° , 116°) LiTaO₃基板を伝搬するu1成分主体の表面波の電気機械結合係数 k_s^2 の変化を示す。また、図4は、これらの導体膜を形成した場合の短絡表面の位相速度 V_m 及び開放表面の位相速度 V_f を示す。図5は、オイラー角(0° , 28° , 90°)のLiTaO₃基板表面にAl、Au、Ag及びCuからなる導体膜を種々の厚みで形成した構造を伝搬するu1成分主体の表面波の電気機械結合係数 k_s^2 の変化を示し、図6は、これらの構造における短絡表面の位相速度 V_m 及び開放表面の位相速度 V_f を示す。

【0045】

図3及び図5から明らかなように、LiTaO₃基板のオイラー角を(90° , 31° , 116°)や(0° , 28° , 90°)とすることにより、電気機械結合係数 k_s^2 の最大値は、4~6%から6~8%に高められることがわかる。この場合、音速の変化量は同等である。

【0046】

下記の表7は、オイラー角(90° , 31° , 116°)における導体膜の密度と、電気機械結合係数 k_s^2 が最大となる導体膜の膜厚 H/λ と、電気機械結合

係数 k_s^2 の最大値と、電気機械結合係数 k_s^2 が 4 % よりも大きくなる膜厚 H/λ と、6 % よりも大きくなる膜厚 H/λ とを示す。また、図 7 は、導体膜の密度 ρ と、電気機械結合係数 k_s^2 が 4 % よりも大きくなる膜厚 H/λ と、6 % よりも大きくなる膜厚 H/λ との関係を示す図である。

【0047】

【表 7】

| 導体膜 | 密度 ρ [kg/m ³] | k_s^2 最大となる H/λ | k_s^2 最大値 [%] | $k_s^2 \geq 4\%$ の H/λ | $k_s^2 \geq 6\%$ の H/λ |
|-----|-----------------------------------|------------------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| A l | 2699 | 0.148 | 5.945 | $0.068 < H/\lambda < 0.188$ | - |
| C u | 8930 | 0.042 | 7.02 | $0.007 < H/\lambda < 0.135$ | $0.018 < H/\lambda < 0.083$ |
| A g | 10500 | 0.032 | 7.633 | $0.004 < H/\lambda < 0.110$ | $0.010 < H/\lambda < 0.070$ |
| A u | 19300 | 0.018 | 8.102 | $0.002 < H/\lambda < 0.081$ | $0.005 < H/\lambda < 0.051$ |

【0048】

図 7 から明らかなように、電気機械結合係数 k_s^2 が 4 % より大きくなる条件は、下記の式 (1) と (2) とで挟まれた領域で表わされる。

$$H/\lambda = 5.3023 \times \rho^{-0.4172} \quad \dots \text{式 (1)}$$

$$H/\lambda = 80161 \times \rho^{-1.781} \quad \dots \text{式 (2)}$$

【0049】

また、電気機械結合係数 k_s^2 が 6 % よりも大きくなる条件は、下記の式 (3) 及び (4) に挟まれた領域で示される。

$$H/\lambda = 20.113 \times \rho^{-0.6071} \quad \dots \text{式 (3)}$$

$$H/\lambda = 40449 \times \rho^{-1.6237} \quad \dots \text{式 (4)}$$

【0050】

また、図 1 及び図 5 からオイラー角 (90° , 90° , 31°)、(0° , 28° , 90°) などの他のオイラー角などにおいても、電気機械結合係数 k_s^2 の最大値は代わるものの、電気機械結合係数 k_s^2 が大きくなる導体膜の H/λ の適性条件は、図 3 に示したオイラー角 (90° , 31° , 116°) の場合の結果等の比較から、式 (1) ~ (4) に示した条件とほぼ等しいものと判断することができる。

【0051】

本願発明者等は、LiTaO₃基板として、様々なオイラー角のものを用い、

電気機械結合係数 k_s^2 をさらに高め得る条件を求めた。

【0052】

図8～図11は、オイラー角 (ϕ, θ, ψ) の LiTaO_3 基板表面に、導体膜として Ag を規格化膜厚 $H/\lambda = 0.03$ となるように形成した構造を伝搬する u_1 成分主体の表面波の電気機械結合係数 k_s^2 が4%以上及び6%以上となるオイラー角の領域を示す。ここで、図8では $\phi = 0^\circ$ 、図9では $\phi = 10^\circ$ 、図10では $\phi = 20^\circ$ 、図11では $\phi = 30^\circ$ である。

【0053】

図8～図11において、電気機械結合係数 k_s^2 が6%以上となるオイラー角は、各図において破線で囲まれた領域A1～A10である。これらの領域A1～A10は、下記の表8及び表9において示す座標P1～P5を順に結んだ線で囲まれた領域で示される。また、電気機械結合係数 k_s^2 が4%以上となるオイラー角は、図8～図11の実線で囲まれた領域B1～B4である。

【0054】

【表 8】

| 領域 | 座標 | θ | ψ |
|----|----|----------|--------|
| A1 | P1 | 16.2 | 63.7 |
| | P2 | 69.9 | 63.7 |
| | P3 | 69.9 | 116.3 |
| | P4 | 16.2 | 116.3 |
| | P5 | 16.2 | 63.7 |
| A2 | P1 | 106.2 | 118.7 |
| | P2 | 143.6 | 118.7 |
| | P3 | 143.6 | 151.4 |
| | P4 | 106.2 | 151.4 |
| | P5 | 106.2 | 118.7 |
| A3 | P1 | 106.2 | 28.6 |
| | P2 | 143.6 | 28.6 |
| | P3 | 143.6 | 61.3 |
| | P4 | 106.2 | 61.3 |
| | P5 | 106.2 | 28.6 |
| A4 | P1 | 16.5 | 55.9 |
| | P2 | 72.3 | 55.9 |
| | P3 | 72.3 | 108.0 |
| | P4 | 16.5 | 108.0 |
| | P5 | 16.5 | 55.9 |
| A5 | P1 | 106.2 | 131.3 |
| | P2 | 124.0 | 131.3 |
| | P3 | 124.0 | 148.0 |
| | P4 | 106.2 | 148.0 |
| | P5 | 106.2 | 131.3 |

【0 0 5 5】

【表 9】

| 領域 | 座標 | θ | ψ |
|-----|----|----------|--------|
| A6 | P1 | 106.3 | 30.8 |
| | P2 | 153.1 | 30.8 |
| | P3 | 153.1 | 71.7 |
| | P4 | 106.3 | 71.7 |
| | P5 | 106.3 | 30.8 |
| A7 | P1 | 17.4 | 48.5 |
| | P2 | 76.8 | 48.5 |
| | P3 | 76.8 | 99.4 |
| | P4 | 17.4 | 99.4 |
| | P5 | 17.4 | 48.5 |
| A8 | P1 | 104.6 | 35.6 |
| | P2 | 158.0 | 35.6 |
| | P3 | 158.0 | 81.3 |
| | P4 | 104.6 | 81.3 |
| | P5 | 104.6 | 35.6 |
| A9 | P1 | 19.1 | 41.7 |
| | P2 | 78.3 | 41.7 |
| | P3 | 78.3 | 90.4 |
| | P4 | 19.1 | 90.4 |
| | P5 | 19.1 | 41.7 |
| A10 | P1 | 101.7 | 41.7 |
| | P2 | 161.0 | 41.7 |
| | P3 | 161.0 | 90.4 |
| | P4 | 101.7 | 90.4 |
| | P5 | 101.7 | 41.7 |

【0056】

なお、図8～図11で、 $\phi = 0^\circ$ 、 10° 、 20° 及び 30° とされているが、式(A)によれば、オイラー角 (90° 、 90° 、 31°) はオイラー角 (30° 、 90° 、 149°) と等価であり、オイラー角 (90° 、 31° 、 116°) はオイラー角 (30° 、 149° 、 64°) と等価である。

【0057】

また、図8～図11から、オイラー角の変化に伴って、上述した電気機械結合係数 k_s^2 が6%以上となるオイラー角は、各図において破線で囲まれた領域A1～A10である。これらの領域A1～A10は、下記の表6及び表7において示

す座標 P1～P5 を順に結んだ線で囲まれた領域で示される。また、電気機械結合係数 k_s^2 が高い領域は連続的に変化していることがわかる。従って、上記領域 A1～A10 及び領域 B1～B4 は、それぞれ、 $\phi = 0^\circ \pm 5^\circ$ 、 $10^\circ \pm 5^\circ$ 、 $20^\circ \pm 5^\circ$ 、 $30^\circ \pm 5^\circ$ の範囲でも同等の電気機械結合係数 k_s^2 の得られることがわかる。

【0058】

同様に、導体膜の膜厚 $H/\lambda = 0.03$ の場合に大きな電気機械結合係数が得られるオイラー角を、Au、Cu 及び Al を用いた場合においても検討した。その結果、電気機械結合係数 k_s^2 の絶対値には差があるものの、Au や Cu からなる導体膜を用いた場合には、図 8～図 11 に示した領域 B1～B4 及び領域 A1～A10 において大きな電気機械結合係数 k_s^2 が得られた。なお、Al を用いた場合においては、領域 A1～A10 は見出されたが、電気機械結合係数 k_s^2 が 4% 以上となる条件、すなわち、領域 B1～B4 は見つけることはできなかった。

【0059】

図 12 は、オイラー角 (90° 、 31° 、 116°) の LiTaO₃ 基板上に、Al、Au、Ag、Cu からなる導体膜を膜厚 H/λ で形成してなる構造を伝搬する u1 成分主体の表面波の短絡面における伝搬損失 α を示す。

【0060】

一般に、圧電基板を伝搬する 3 種類のバルク波、すなわち「遅い横波」、「速い横波」及び「縦波」よりも表面波の音速が遅くなると、表面波の伝搬損失が発生しなくなることが知られている。オイラー角 (90° 、 31° 、 116°) の LiTaO₃ 基板を伝搬するバルク波の音速は、それぞれ、遅い横波 = 3352 m/秒、速い横波 = 3375 m/秒及び縦波 = 6287 m/秒である。導体膜として、Au 膜を用いた場合には、図 6 から、 $H/\lambda > 0.097$ で、表面波の音速は 3352 m/秒よりも遅くなり、従って伝搬損失 α は 0 となる。しかしながら、音速も 3352 m/秒よりも遅くなるため、RF 帯のフィルタとして用いる場合には、IDT やグレーティング反射器の電極指の幅が細くなり、実用的ではない。

【0061】

他方、図12に示されているように、導体膜の密度が増加するに伴って、伝搬損失 α は減少する傾向がある。Alよりも密度の高いCu、AgまたはAuでは、伝搬損失が極小となる H/λ が存在することもわかる。図8～図11に示した電気機械結合係数 k_s^2 の大きなオイラー角の領域、特に、 $k_s^2 > 6\%$ のオイラー角の領域A1～A10では、Auの場合には、 $H/\lambda = 0.02 \sim 0.04$ の範囲で伝搬損失 α の極小値が生じ、Agの場合には、 $H/\lambda = 0.05 \sim 0.12$ の範囲に α の極小値が生じ、Cuの場合には、 $H/\lambda = 0.06 \sim 0.15$ の範囲において伝搬損失 α の極小値が生じる。特に、AuやAgを用いた場合、「縦波」と「速い横波」との間の音速5000m/秒程度で伝搬損失が0.1dB/ λ 以下とされ得る。なお、Alを用いた場合には、伝搬損失の極小値が存在する条件は見出され得なかった。

【0062】

本願発明者等の知見によれば、縦波成分主体の表面波は、導体膜を形成した基板における伝搬損失 α が多少大きくとも、IDTや反射器などのグレーティングを形成した基板での伝搬損失は小さくなる傾向を示すことがわかった。この現象は、グレーティングにより音速が低下することに起因すると考えられる。もっとも、グレーティングが形成されている場合でも、Alよりも密度の大きなCu、Ag及びAuを用いることにより、導体膜を形成した状態における伝搬損失がより小さいため、より一層小さな伝搬損失が得られていると考えられる。

【0063】

また、上記LiTaO₃基板の周波数温度特性TCDは、20～50ppmと大きいことが知られている。文献（「プラズマCVD法、SiO₂膜を用いた層状構造弾性表面波基板」中条、山之内、柴山、電子情報通信学会超音波研究会資料US80-3（1980））に、漏洩表面波のTCDを、SiO₂膜の形成により改善する方法が開示されている。

【0064】

縦波成分主体の表面波に対してもこの手法は有効であると考えられる。すなわち、IDT上に、SiO₂膜をスパッタリングなどにより形成することにより、TCDを改善することができると考えられる。また、この場合、IDTを構成す

る導体膜の膜厚が薄い方が、ステップカバレッジが改善され、また電極指の側壁部分において、 SiO_2 膜が異常成長する不具合が起こり難くなる。従って、この点からも、導体膜の膜厚を Al に比べて薄くし得る Cu 、 Ag 及び Au などの高密度の導体膜が好ましいことがわかる。

【0065】

本発明に係る表面波装置は、上記特定のオイラー角の LiTaO_3 基板と電極膜とを備える限り、その具体的な構造については特に限定されない。一例として図 13 に、本発明が適用される 1 ポート型表面波共振子を模式的平面図で示す。

1 ポート型表面波共振子である表面波装置 1 は、上記特定のオイラー角 LiTaO_3 基板 2 を有する。 LiTaO_3 基板 2 上に、IDT 3 及び反射器 4, 5 が設けられている。もっとも、上記 1 ポート型表面波共振子だけでなく、複数の表面波共振子を直列及び並列に接続してなるラダー型フィルタや、各種共振器型フィルタ、あるいはトランスバーサル型の表面波フィルタにも本発明を適用することができる。

【0066】

【発明の効果】

第 1 の発明に係る表面波装置は、 LiTaO_3 基板上に密度が 2699 kg/m^3 よりも大きく 19300 kg/m^3 よりも小さい導体膜を形成してなる構造を有し、縦波成分主体の表面波を利用しているため、縦波成分主体の表面波の電気機械結合係数 k_s^2 を高めることがで、製造に際しての周波数ばらつきを低減することができ、さらに伝搬損失を小さくすることが可能となる。

【0067】

また、第 2 の発明に係る表面波装置では、上述した表 1 及び表 2 に示されている座標を結んだ線で囲まれた領域 $A1 \sim A10$ に含まれるオイラー角の LiTaO_3 基板上に、密度 ρ が 2699 kg/m^3 よりも大きく、かつ導体膜の厚み H/λ が、 $5.3023 \times \rho^{-0.4172}$ より大きく、 $80161 \times \rho^{-1.781}$ よりも小さいため、縦波成分主体の表面波の電気機械結合係数 k_s^2 を高めることがで、かつ周波数ばらつきを低減することができるとともに、伝搬損失を低減することが可能となる。

【0068】

よって、本願の第1, 第2の発明によれば、電気機械結合係数が高く、伝搬損失が小さく、従って高性能であり、かつ製造時の周波数ばらつきが少なく、煩雑な周波数調整工程を簡略化し得る縦波成分主体の表面波を利用した表面波装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

オイラー角 (90° , 90° , 31°) の LiTaO_3 基板上に、種々の材料からなる導体膜を厚さ H/λ で形成した構造を伝搬する $u1$ 成分主体の表面波の電気機械結合係数 k_s^2 の変化を示す図。

【図2】

オイラー角 (90° , 90° , 31°) の LiTaO_3 基板上に、種々の材料からなる導体膜を厚さ H/λ で形成した構造における短絡表面の位相速度 V_m 及び開放表面の位相速度 V_f を示す。

【図3】

オイラー角 (90° , 31° , 116°) LiTaO_3 基板表面に、 Al 、 Au 、 Ag または Cu からなる導体膜を厚み H/λ で形成してなる構造を伝搬する $u1$ 成分主体の表面波の電気機械結合係数 k_s^2 の変化を示す図。

【図4】

オイラー角 (90° , 31° , 116°) LiTaO_3 基板表面に、 Al 、 Au 、 Ag または Cu からなる導体膜を厚み H/λ で形成してなる構造における短絡表面の位相速度 V_m 及び開放表面の位相速度 V_f を示す。

【図5】

オイラー角 (0° , 28° , 90°) の LiTaO_3 基板表面に、 Al 、 Au 、 Ag 及び Cu からなる各導体膜を種々の厚みで形成した構造を伝搬する $u1$ 成分主体の表面波の電気機械結合係数 k_s^2 の変化を示す図。

【図6】

オイラー角 (0° , 28° , 90°) の LiTaO_3 基板表面に、 Al 、 Au 、 Ag 及び Cu からなる各導体膜を種々の厚みで形成した構造における短絡表面

の位相速度 V_m 及び開放表面の位相速度 V_f を示す。

【図 7】

導体膜の密度 ρ と、電気機械結合係数 k_s^2 が 4 % よりも大きくなる膜厚 H/λ と、6 % よりも大きくなる膜厚 H/λ との関係を示す図。

【図 8】

オイラー角 $(0^\circ, \theta, \phi)$ の LiTaO_3 基板表面に、Ag からなる導体膜を規格化膜厚 $H/\lambda = 0.03$ となるように形成した構造を伝搬する u1 成分主体の表面波の電気機械結合係数 k_s^2 が 4 % 以上及び 6 % 以上となるオイラー角の領域を示す図。

【図 9】

オイラー角 $(10^\circ, \theta, \phi)$ の LiTaO_3 基板表面に、Ag からなる導体膜を規格化膜厚 $H/\lambda = 0.03$ となるように形成した構造を伝搬する u1 成分主体の表面波の電気機械結合係数 k_s^2 が 4 % 以上及び 6 % 以上となるオイラー角の領域を示す図。

【図 10】

オイラー角 $(20^\circ, \theta, \phi)$ の LiTaO_3 基板表面に、Ag からなる導体膜を規格化膜厚 $H/\lambda = 0.03$ となるように形成した構造を伝搬する u1 成分主体の表面波の電気機械結合係数 k_s^2 が 4 % 以上及び 6 % 以上となるオイラー角の領域を示す図。

【図 11】

オイラー角 $(30^\circ, \theta, \phi)$ の LiTaO_3 基板表面に、Ag からなる導体膜を規格化膜厚 $H/\lambda = 0.03$ となるように形成した構造を伝搬する u1 成分主体の表面波の電気機械結合係数 k_s^2 が 4 % 以上及び 6 % 以上となるオイラー角の領域を示す図。

【図 12】

オイラー角 $(90^\circ, 31^\circ, 116^\circ)$ の LiTaO_3 基板上に、Al、Au、Ag、または Cu からなる導体膜を膜厚 H/λ で形成してなる構造を伝搬する u1 成分主体の表面波の伝搬損失 α を説明するための図。

【図 13】

本発明が適用される表面波装置の構造の一例を説明するための模式的平面図。

【符号の説明】

1…表面波装置

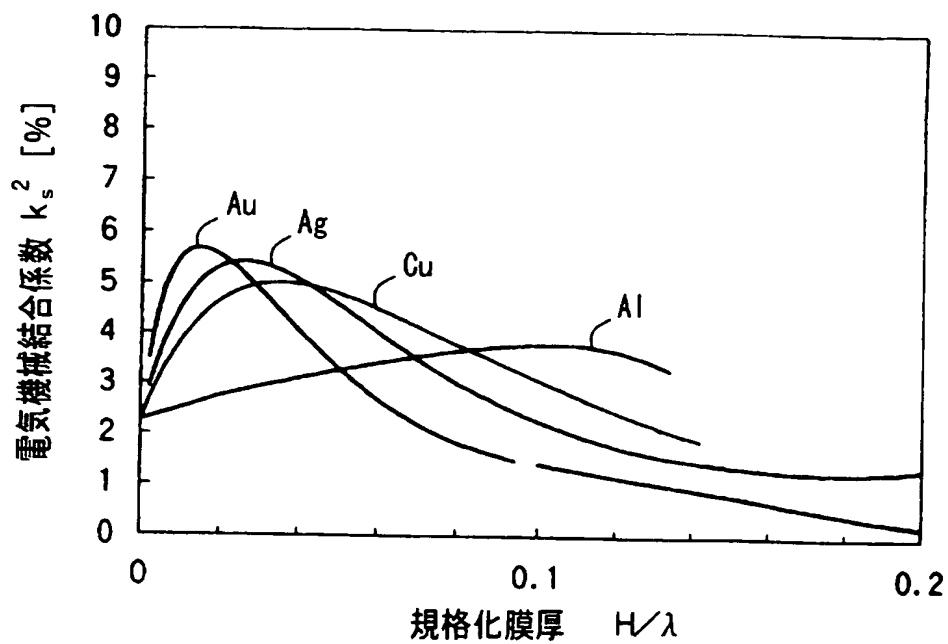
2…L i T a O₃基板

3…I D T

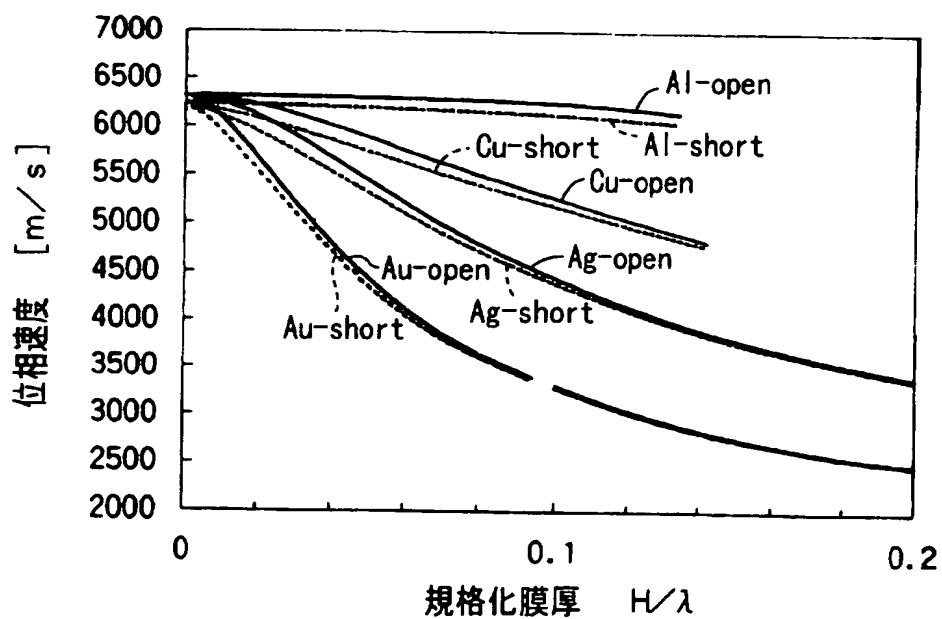
4, 5…反射器

【書類名】 図面

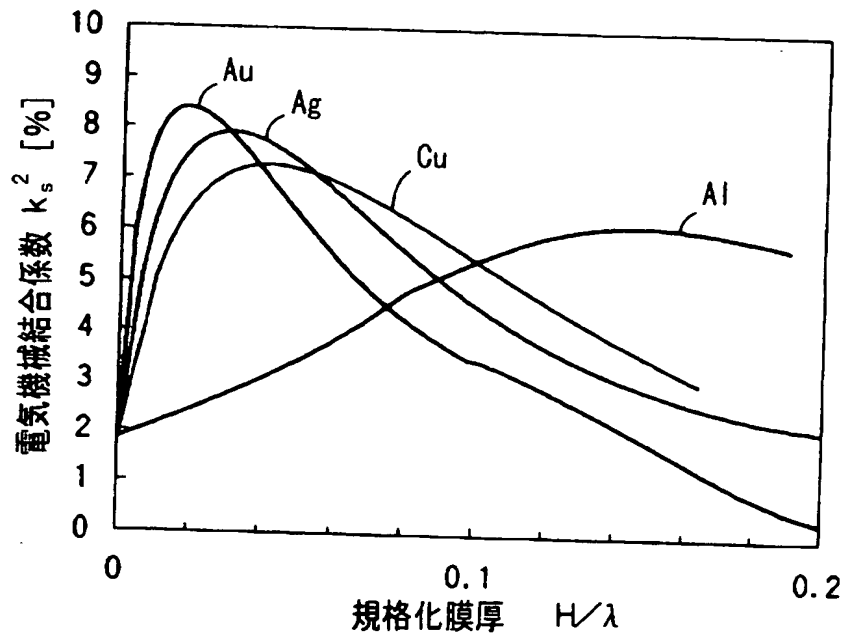
【図 1】



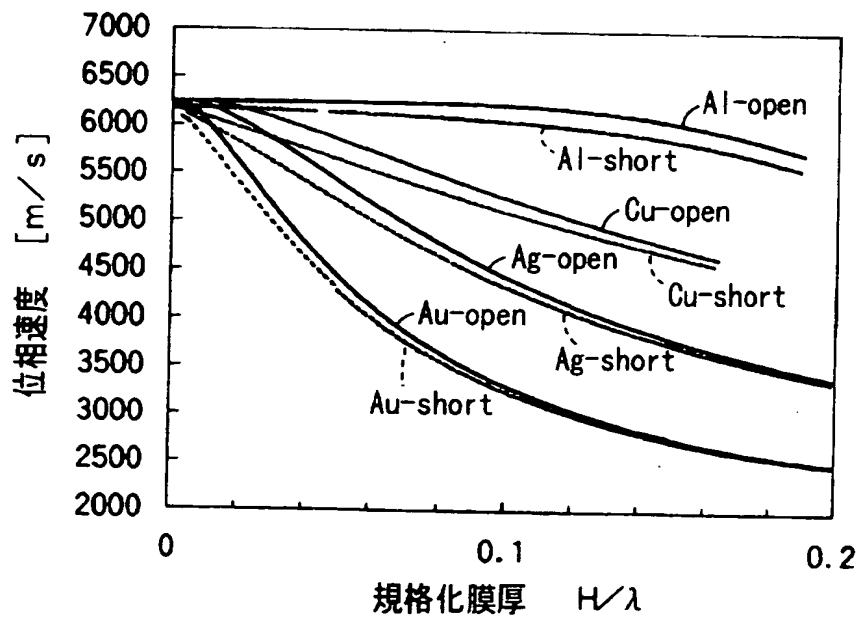
【図 2】



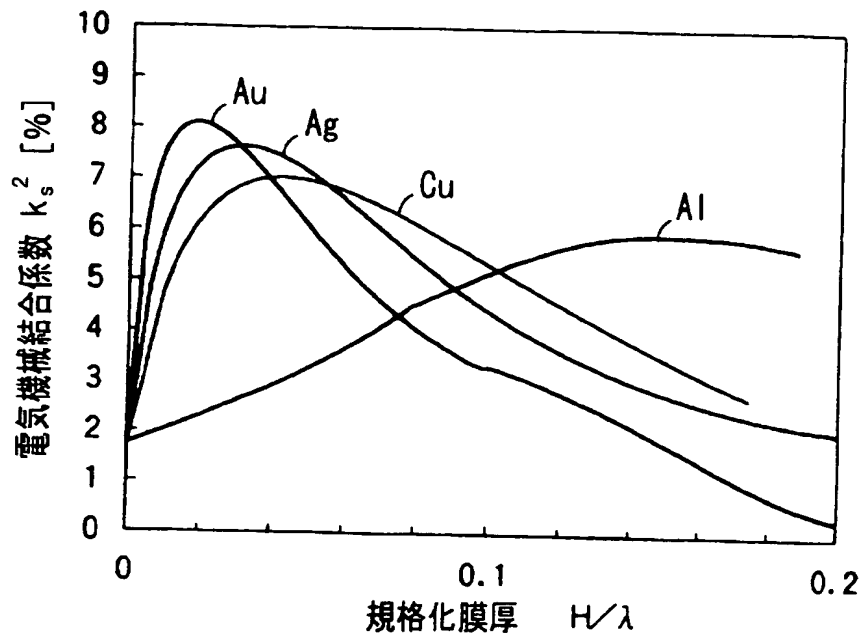
【図 3】



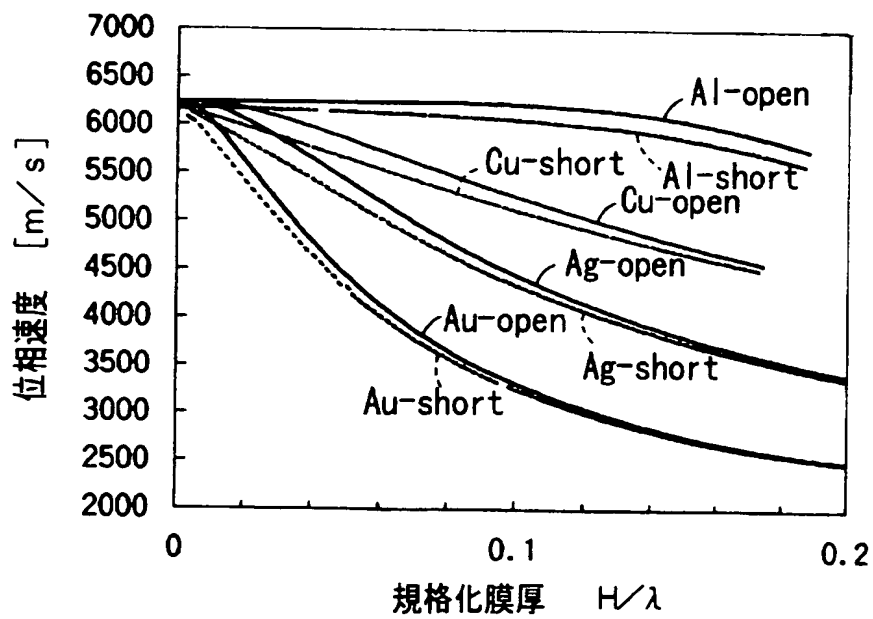
【図 4】



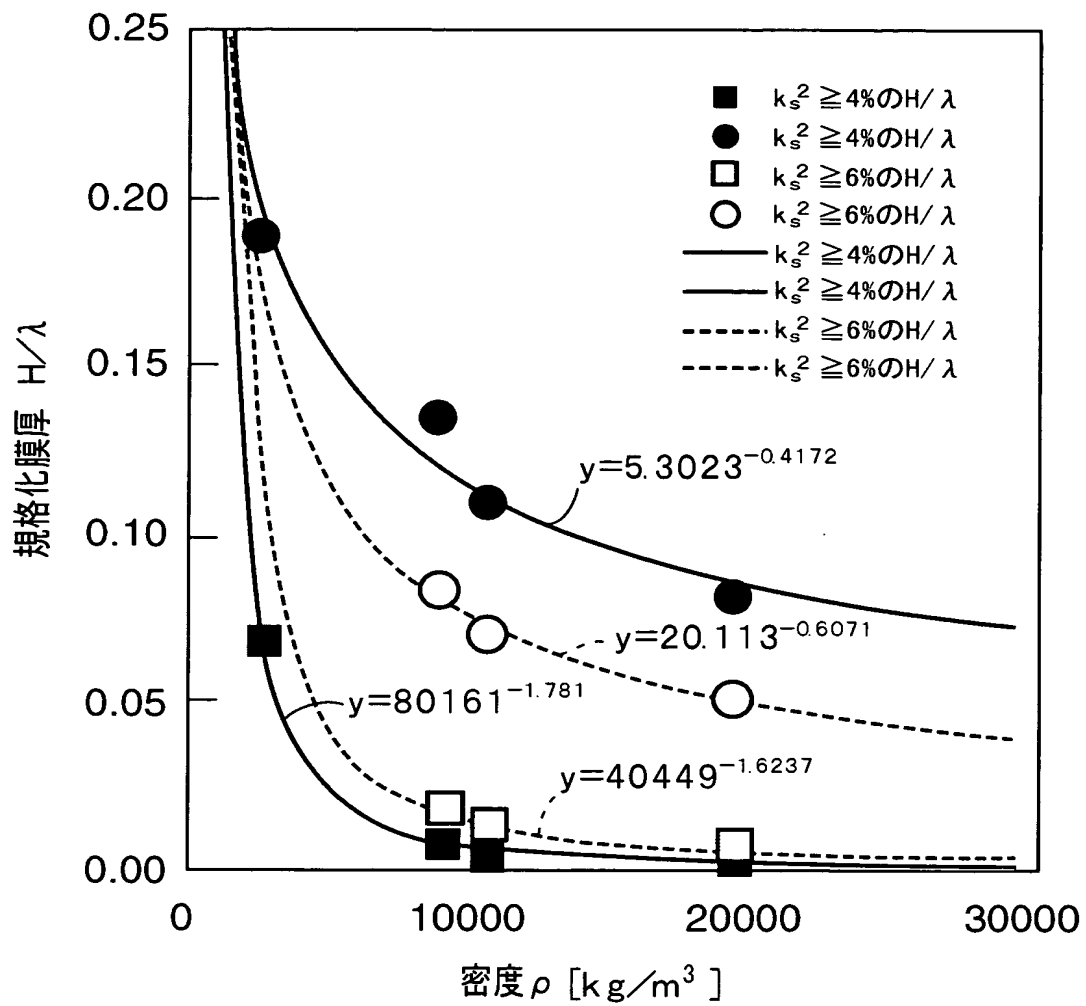
【図 5】



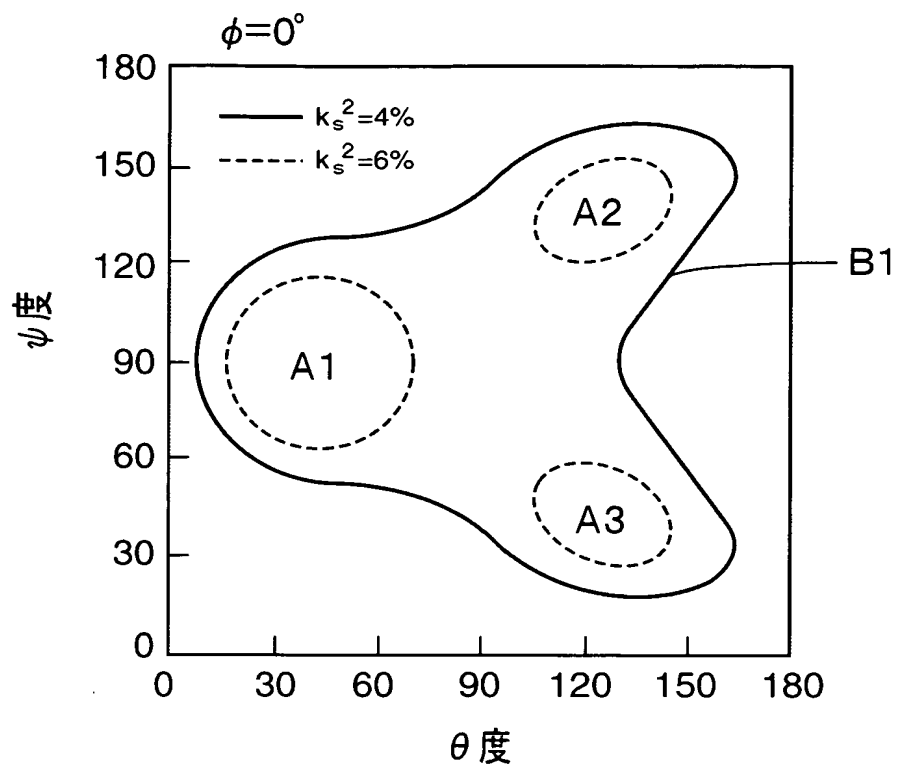
【図 6】



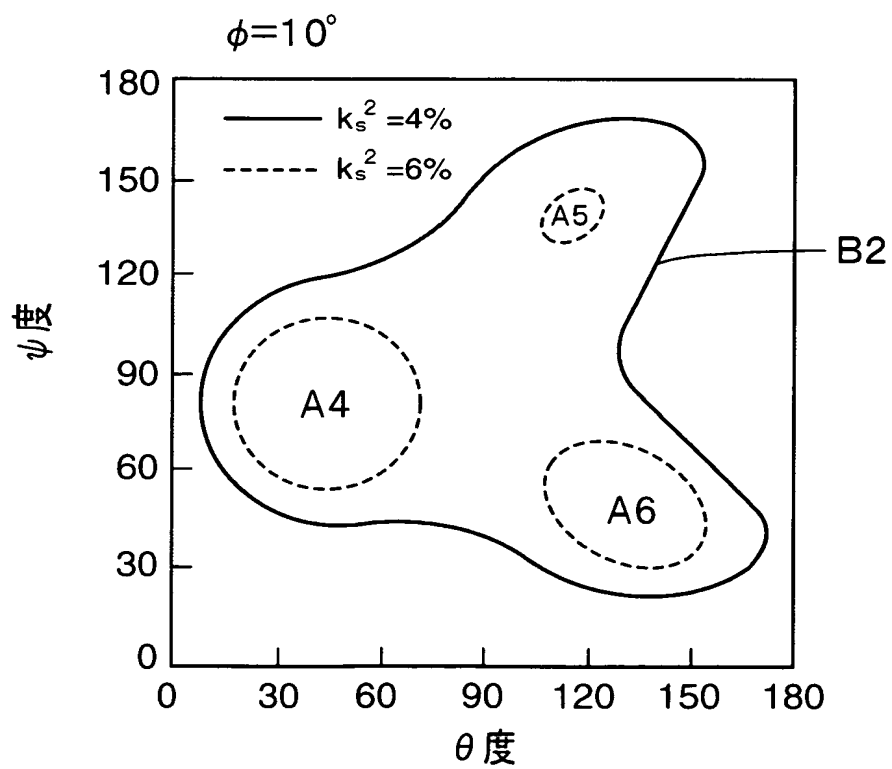
【図 7】



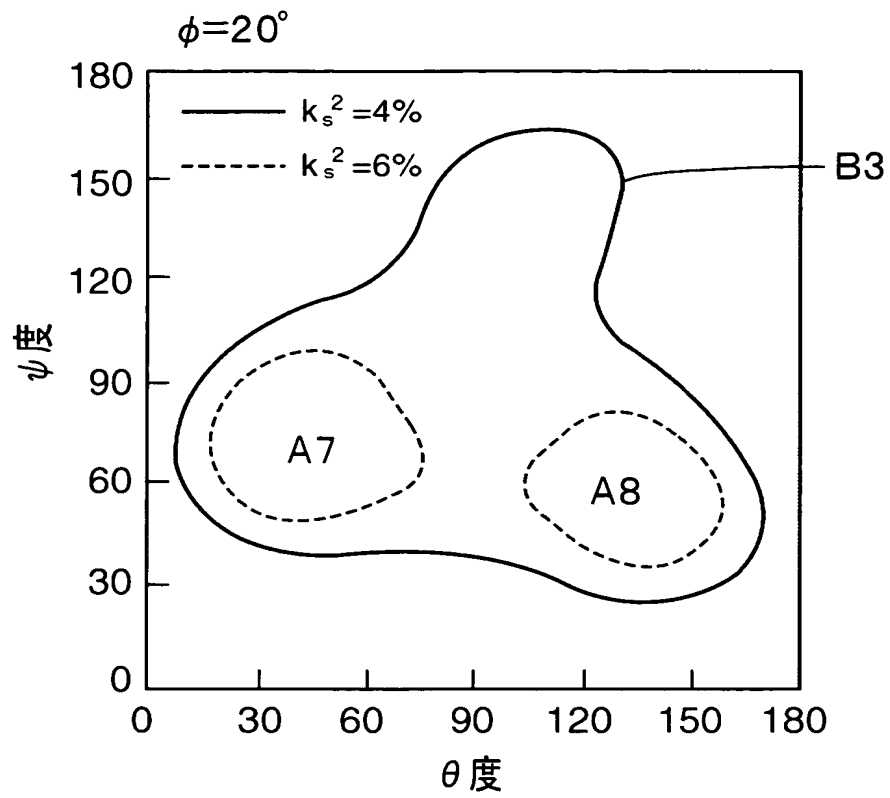
【図 8】



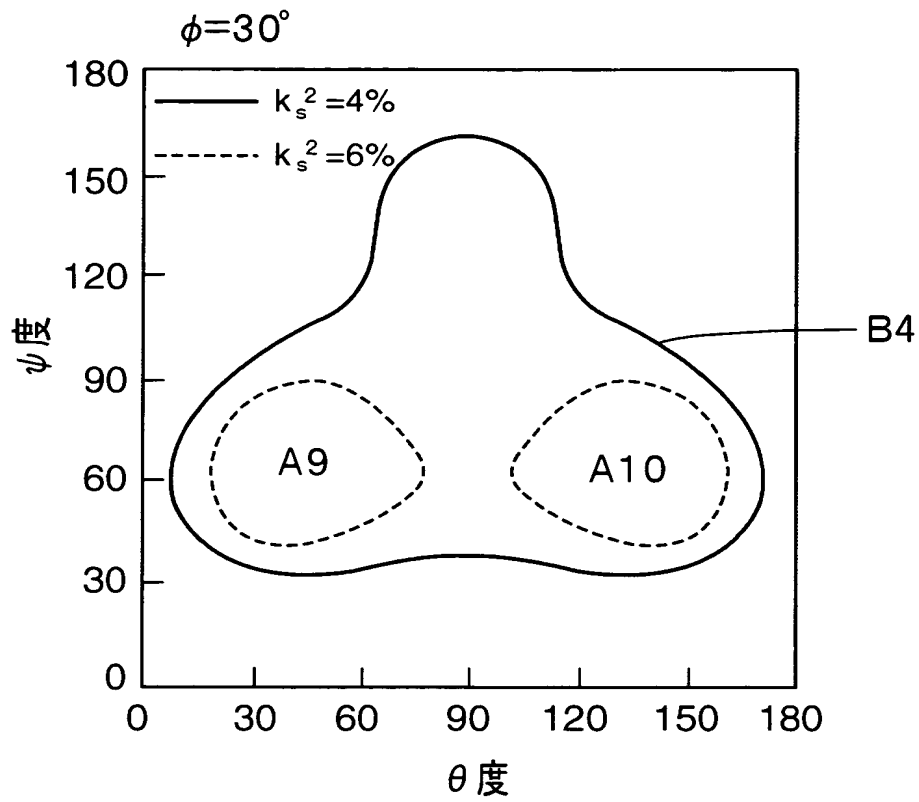
【図 9】



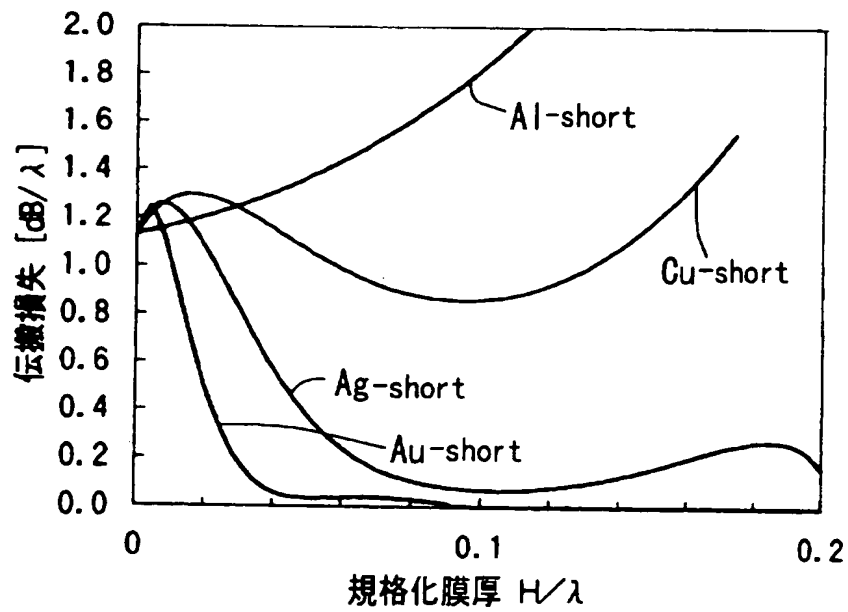
【図 10】



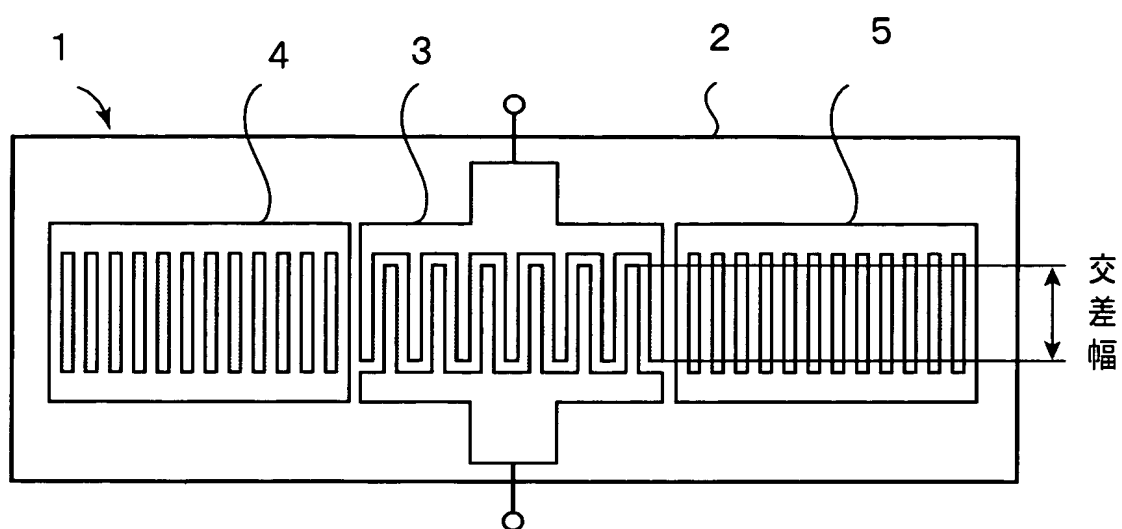
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 13】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 バルク波の内の「速い横波」及び「遅い横波」よりも遅い、縦波を主成分とした表面波を利用しており、電気機械結合係数が大きく、伝搬損失が小さく、かつ高位相速度を実現し得る表面波装置を提供する。

【解決手段】 縦波成分主体の表面波を利用した表面波装置であって、L i T a O₃基板と、L i T a O₃基板上に形成された導体膜からなる I D T 3 を備え、導体膜の密度が、 $2699\text{ kg/m}^3 < \rho < 19300\text{ kg/m}^3$ の範囲にある、表面波装置。

【選択図】 図 1 3

特願 2 0 0 3 - 0 0 1 4 0 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 6 2 3 1]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

京都府長岡京市天神二丁目 2 6 番 1 0 号

氏 名

株式会社村田製作所